中華農業研究（Jour. Agric. Res. China）34(2)：183~194（1985）

# 香蕉乾脫水技術之研究[1]

游　若　菻[2]

摘要：香蕉加工品包括香蕉脆片、香蕉泥、香蕉果醬及香蕉乾等。其中以香蕉乾之製造最為簡易且較易供農家應用。香蕉之乾燥條件以香蕉原料糖度在25度左右具香蕉風味者較佳。香蕉採收後至熟成期間大約失重14%。以60°C乾燥大約需24小時，製品水分活性 <0.75 ，水分含量<25%，製造率佔香蕉青果之15%。利用太陽能於葉稻穀烘乾機製香蕉乾，每公斤香蕉乾成品之油電費為7.7元，較利用電氣熱風乾燥機者，節省 60%以上之乾燥燃料費。抑制香蕉乾之褐變以製品經殺菁處理（ 100°C，三分鐘），並利用脫氧劑包裝者，在室溫經六個月貯藏，仍能保持香蕉乾之色澤與風味，而在低溫（5°C）貯藏者約可貯放一年。

關鍵字：香蕉乾、太陽能烘乾機、防止褐變。

本省香蕉栽培已有２百多年之歷史，每年為國家賺取不少外匯。民國五十六年，栽培面積曾高達５萬公頃左右；外銷量亦高達２千７百萬箱（每箱16公斤），可售６千萬美元，佔當年外匯農產品10%以上，為本省香蕉之黃金時代 (1)。但自民國五十九年以後，因菲律賓、中南美蕉業之興起與競銷日本市場；又遭黃葉病之猖獗等因素，使栽培面積逐漸減少。自民國五十六年至六十六年這十年期間，香蕉每年平均產量為46萬多公噸，外匯收入３千６百萬美元，賴以維生之蕉農達６萬戶以上 (2)。

臺灣香蕉由青果合作社收購，過去均以供應外銷為主，現在則逐漸重視國內市場。外銷對象則有日本、琉球、香港、韓國。近年來又開拓中東市場，但仍以日本為主要市場，佔總輸出之95% (3)。

民國七十一年六～七月正值香蕉盛產期，由於外銷不景氣，國內也嚴重滯銷，曾發生香蕉售價慘跌到每公斤新臺幣５角的情形。更有旗山地區香蕉集貨市場所收購的４千公噸香蕉，因賣不出去，經日曬雨淋，開始腐爛生臭，只得全部廢棄；這批香蕉如依市價計算，約值新臺幣４千餘萬元 (4)。

為了根本解決香蕉因生產過剩及滯銷的問題，除應有計畫的調節香蕉之產期、產量及拓展內外銷市場外，實當多方發展香蕉之加工與利用。農發會（72年）指示研究簡易之香蕉加工法，俾蕉農能利用過剩、滯銷之香蕉，加工成經濟製品，以提高香蕉之利用率，減輕蕉農的損失。

本研究即在探討利用一些簡易的加工設備及加工方法，進行香蕉加工試驗，將其成果推廣蕉農。香蕉加工產品有香蕉乾、香蕉泥、香蕉果醬、香蕉脆片、香蕉粉、香蕉軟糖等多種，其中又以香蕉乾的製造最有經濟價值且較易供農民應用。但首先對於如何抑制香蕉乾的褐變？以提高香蕉乾的商品價值。如何利用農家已擁有之太陽能於葉稻穀烘乾機，進行香蕉乾燥？解決日晒，燒柴之缺點。如何探討香蕉之最適乾燥條件？以提高香蕉乾之品質等多方面之問題，均應事先加以研究，期獲得圓滿解決。本試驗報告在這方面，已有初步結果，請多指正！

## 材料設備與方法

1.臺灣省農業試驗所　研究報告第　1215　號。本計畫承蒙農委會72農建—4.1—產—216經費補助，特此致謝。
2.本所鳳山熱帶園藝試驗分所經營利用系助理研究員。臺灣省　高雄縣　鳳山市。

**一、材料：**

（一）香蕉原料：分別選用七分熟、八分熟及十分熟三種不同成熟度（maturity）之香蕉青果，購自高雄縣大寮鄉農家。另在旗山地區利用太陽能菸葉稻穀烘乾機，進行香蕉乾脫水試驗所採用之香蕉，則購自青果社香蕉集貨場，成熟度約七分半～八分半。

（二）化學藥品：抗壞血酸（Ascrobic acid), Sigma；檸檬酸（Citric acid），三福化工公司；亞硫酸鈉（Sodium sulfite), Wako；Ethylene diamine tetraacetic acid（EDTA), Shimakyu's；p-Rosaniline hydrochloride, Kanto；昇汞（Mercury chloride), Wako；2.6-Dichloro phenolindo phehol, Merck；過氧化氫（Hydrogen peroxide），聯工；Guaiacol, Fluka AG；重合磷酸鈉（Sodium polyphosphate），食品工業用；糖（Sugar），臺糖特砂；脫氧劑（Oxygen Absorber），日本三菱瓦斯株式會社，附氧氣檢定錠劑。

（三）包裝材料：KOP/PE 袋，氧氣透過率5～15ml/m$^2$•24h•atm。

**二、設備：**

（一）太陽能菸葉稻穀烘乾機：太能工業公司製造，向高雄縣旗山鎮菸農借用，內部尺寸5.0m×3.6m×1.8m。

（二）電氣熱風乾燥機：國內訂製，內部尺寸1.0m×1.6m×1.2m。

（三）香蕉烘乾網架：尺寸90cm×75cm×5cm。

**三、方法：**

（一）香蕉催熟：七～十分熟度（maturity）之香蕉採收後，以電石為催熟劑在密閉紙箱內經 24hr 催化後，置通風處任其漸漸熟化（ripening），在熟成期間每日測定其糖度（°Brix）、果皮果肉比、及重量變化，並以不同熟成度之香蕉製造香蕉乾[5,6]。

（二）糖度（°Brix）：以手持糖度計（hand refractometer）測定。

（三）pH值：樣品直接以果汁機打碎，盛於燒杯內以pH計測定。

（四）水分含量（water content）：樣品在105°C烘乾至恆重，計算其水分含量。

（五）水分活性（water activity）：以德國製Luffet水分活性計Model 5803測定。

（六）過氧化酵素活性（peroxidase activity）之試驗法[7,8]。

1.粗酵素液之抽取與製備：香蕉樣品重添加三倍體積蒸餾水，以果汁機打碎經 Whatman No. 1. 濾紙過濾，取濾液做為粗酵素液。

2.過氧化酵素活性之試驗方法：取粗酵素液1ml，在試管中分別加入5ml蒸餾水，·1ml 0.5% guaiacol溶液，2ml pH5.6 0.2M醋酸緩衝液，1ml 0.05N $H_2O_2$ 溶液，振盪後置室溫靜置 3.5分鐘，如試管內溶液變成紅色或棕色即顯示過氧化酵素仍有活性，以「＋」號表示，反之則以「－」號表示之。

（七）過氧化酵素活性之抑制：

1.食品添加物對過氧化酵素活性之影響[9,10]：熟成之香蕉樣品剝皮後分別以 0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0%之亞硫酸鈉、抗壞血酸、檸檬酸、重合磷酸鈉、EDTA 等溶液浸漬處理，30分鐘後取出稍瀝乾，並添加香蕉重量三倍體積之蒸餾水利用果汁機打碎，經濾紙過濾後測定濾液中過氧化酵素之活性。

2.殺菁處理：熟成之香蕉樣品剝皮後，以 100°C沸水經 0、10、20、30、40、50、60、90、120、150秒殺菁處理後，立刻添加香蕉重量三倍體積之蒸餾水利用果汁機打碎，經濾紙過濾後測定濾液中過氧化酵素之活性。

3. pH的影響：熟成香蕉剝皮後以果汁機打碎，以1N HCl或1N NaOH調pH值為2.0、3.0、4.0、5.0、5.5、6.5、7.5、8.5，靜置30分鐘後測定濾液中過氧化酵素之活性。

（八）香蕉乾之乾燥方法：分別利用日曬、電氣熱風乾燥機及太陽能菸葉稻穀烘乾機乾燥，比較其乾

燥時間，乾燥費用及製品品質。

（九）香蕉乾乾燥程度對其保藏性之影響：熟成香蕉剝皮後直接以 60°C 熱風乾燥，每隔四小時取出分別測定其水分含量、水分活性並將不同乾燥程度之樣品放在培養皿中，置室溫觀察其長黴的情形。

（十）香蕉乾製造流程[11]：

七～八分熟之香蕉青果⟶經電石催化24hr後⟶置室溫通風處 4～5 天任其逐漸熟成⟶剝皮⟶浸漬褐變抑制劑30分鐘⟶撈起稍瀝乾⟶以 60°C熱風乾燥（約 30hr）⟶包裝（添加脫氧劑）⟶成品。

（十一）香蕉乾中二氧化硫含量之測定[12]：利用比色法測定樣品於波長 550nm之吸光值，並自標準檢量線（standard curve）中換算樣品中二氧化硫之含量。

## 結果與討論

### 一、香蕉原料之選別：

製造香蕉乾時，對其品質影響最大者爲香蕉原料之選別；而對製造成本影響最大者即香蕉原料之成熟度與香蕉中固形物之含量。爲此本試驗對香蕉原料之選別、催熟、品質控制、製造率等方面均做有系統之探討。表一爲不同成熟度香蕉原料之調查。其中以十分熟者果肉部分占63%最高，七分熟者果肉占49%最低，是以製香蕉乾時以採收成熟度較高者爲有利。但通常香蕉之採收其成熟度係依銷售市場遠近及季節而定，夏季供外銷者不能超過七分熟，多季不能超過八分半，內銷之成熟度約八分半

表 1. 不同成熟度香蕉原料之調查

**Table 1.** Determination the degree of maturity of banana

| | maturity (%) | | |
|---|---|---|---|
| | 70 | 80 | 100 |
| Banana fruits | | | |
| pulp% | 49 | 57 | 63 |
| peel% | 51 | 43 | 37 |
| Brix | 2.5—3.0 | 4.0 | 4.0 |
| Solid content% | 33 | 31 | 29 |
| Water content% | 67 | 69 | 71 |

～九分[13]，製香蕉乾時其製造率與香蕉果肉重成正比，故香蕉之成熟度最好選八分熟以上者，另外八分熟者果肉較飽滿脫水後香蕉之質地、形狀較佳，七分熟者脫水後香蕉之形狀則嫌太細小，以下之試驗均選用八分熟之香蕉。

香蕉自採收後經電石催熟至熟成期間，由於繼續進行呼吸作用導致其重量損失。爲此本試驗調查催熟期間重量損失的情形，其結果示於表二，表二顯示香蕉經催熟後第五～七天重量損失最大，此爲轉變期水果 (climacteric fruits) 的特性之一[14]，其呼吸作用在轉變期時突然增强，之後則漸緩。

表三爲八分熟香蕉經催化後熟成期間糖度（°Brix）、果皮果肉比及外觀風味之變化。其糖度以催熟後第四～七天達到高峰，其中又以第五天最高，大約爲25Brix，但果肉仍有些澀味，至第六天在

表2. 香蕉熟成期間失重百分比
**Table 2.** Weight loss during ripening

| Ripening period (day) | Weight change (g) | Total (g) | loss (%) | △loss (g) |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 3,000 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2,980 | 20 | 0.7 | 20 |
| 2 | 2,940 | 60 | 2.0 | 40 |
| 3 | 2,860 | 140 | 4.7 | 80 |
| 4 | 2,780 | 220 | 7.3 | 80 |
| 5 | 2,680 | 320 | 10.7 | 100 |
| 6 | 2,580 | 420 | 14 | 100 |
| 7 | 2,460 | 540 | 18 | 120 |
| 8 | 2,380 | 620 | 20.7 | 80 |
| 9 | 2,300 | 700 | 23.4 | 80 |
| 10 | 2,230 | 770 | 25.7 | 70 |
| 11 | 2,160 | 840 | 28 | 70 |
| 12 | 2,090 | 910 | 30.4 | 70 |

表3. 香蕉熟成期間糖度、果皮果肉比及外觀之變化
**Table 3.** Characters change during ripening

| Ripening period (day) | Brix | Pulp : Peel (%) | | Appearance & taste |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 3.0±0.5 | 55.9 | 44.1 | G |
| 1 | 10.3±4.5 | 54.0 | 46.0 | G |
| 2 | 14.3±0.8 | 54.2 | 45.8 | G |
| 3 | 22.2±1.0 | 58.9 | 41.1 | YG, fragrant |
| 4 | 24.7±0.6 | 59.9 | 40.1 | peeling with hand |
| 5 | 25.0±0.6 | 64.7 | 35.3 | Y G, Astringent |
| 6 | 24.2±0.6 | — | — | All most Y, spot 1/3-1/2 |
| 7 | 24.8±0.2 | 64.7 | 35.3 | All most Y, spot 1/2-2/3 |
| 8 | 23.1±1.0 | 68.3 | 31.7 | All most Y, spot 1/2-2/3 |
| 9 | 23.0±1.0 | 69.3 | 30.7 | ferment, pulp soft |
| 12 | 22.0±1.0 | 73.1 | 26.9 | B |

G : Green Y : Yellow B : Black

甜味、口感及香味方面均最佳，以這種條件下之香蕉製香蕉乾，所得品質最佳。第八天以後糖度略減低，第九天果肉已有些發酵，出現酒味，此時製香蕉乾所得之品質較差。第十二天果肉已全部變軟，不適於製香蕉乾。

**二、乾燥條件之探討：**

乾燥爲一種自食品中除去微生物可利用之水分，因之降低食品之水分活性 (water activity) 使微生物無法生長達到食品保藏的加工方法 [15]。所以製品如果乾燥不足，則很容易因微生物之生長，而使製品腐敗。反之，如果製品太過乾燥，不但使製造率降低，增加其成本；且將使脫水製品太硬影響口感並降低品質。所以適當的乾燥度，將關係到整個脫水製品之成敗。

(一) 乾燥溫度之設定：曾以 50°C、60°C、70°C 三種不同加熱溫度進行香蕉之乾燥試驗。其乾燥所需時間分別爲40hr，24hr，12hr；其製品顏色以 50～60°C 乾燥者最佳，成金黃色，而以 70°C 乾燥者製品顏色有些變紅。另外以50°C乾燥者，其加熱時間較長，其每小時平均耗電量雖較60°C者小，但總耗電量却較 60°C者多，故以選擇60°C進行乾燥較適當。

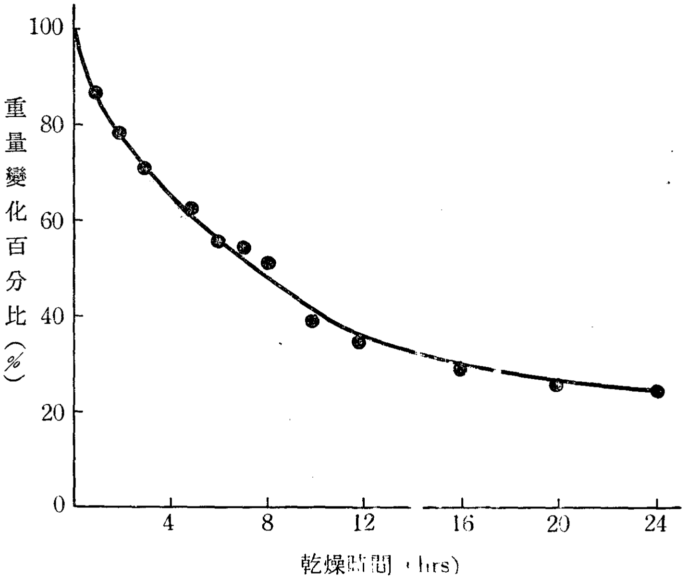


圖1. 香蕉在之60°C乾燥速率

**Fig 1.** Drying rate of banana at 60°C

(二) 60°C的乾燥速率：如圖一所示在前 12hr 乾燥最快，平均每小時減少約 5 %的重量，之後

表4. 乾燥條件對黴菌生長之影響

**Table 4.** Effect of drying conditions on mold growth

| Incubation time (day) | O[a] 76.7[b] 0.96[c] | 4 67.4 0.94 | 8 56.8 0.88 | 12 41.2 0.87 | 16 25.0 0.75 | 20 23.0 0.70 | 24 21.8 0.70 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | + | + | — | — | — | — | — |
| 3 | + | ++ | — | — | — | — | — |
| 4 | ++ | +++ | — | — | — | — | — |
| 5 | +++ | ++++ | + | — | — | — | — |
| 7 | ++++ | ++++ | ++ | + | — | — | — |
| 14 | ++++ | ++++ | +++ | ++ | — | — | — |
| 21 | ++++ | ++++ | ++++ | +++ | — | — | — |
| 28 | ++++ | ++++ | ++++ | ++++ | — | — | — |

a : Drying time (hr), b : Water content (%), c : Water activity. Mold : (—) no growth, (+) growth

至乾燥末期之12hr 內，平均每小時減少約 1 %的重量。自開始至完成乾燥期間，總共減少約72%重量。

（三）不同乾燥程度對製品保存性之影響：表四為在60°C經不同乾燥時間所得樣品，水分含量、水分活性及培養期間黴菌生長之情形。其中對照組（不經熱風乾燥者）在室溫放置經二天，其表面即有粘狀性細菌生長。經4hr 乾燥者，第三天其表面有 *Mucor* spp、*Aspergillus niger*、*Penicillium* spp. 等黴菌生長。經8hr，12hr乾燥之樣品分別在第五天、第八天在其表面可發現黴菌生長。經16hr乾燥之樣品雖放置四週，仍無黴菌生長；分析其水分含量為25%，水分活性為0.75。故製造香蕉乾以水分含量在25%以下，貯藏期間則不致因黴菌之生長而有腐敗之虞。

**三、乾燥方法之比較：**

本試驗因着重加工方法能供農家推廣與應用，故不排除利用日曬法乾燥，唯考慮到當高屏香蕉盛產期時正值雨季，故利用旗山地區菸農所擁有之太陽能菸葉稻穀烘乾機以資乾燥。另為比較使用太陽能菸葉稻穀烘乾機進行香蕉乾燥之乾燥費，另利用電氣熱風乾燥機進行香蕉乾燥，此外並比較這三種乾燥法之優缺點。

（一）日曬乾燥法：表五為利用日曬進行香蕉乾之製造。此為最原始的乾燥方法，其優點為利用陽光乾燥，無須其他乾燥設備，故其費用低。但其最大缺點，即在陰雨天無法利用太陽能乾燥，對於乾燥中之物品則有腐敗之虞。另外曬香蕉時需有較大空地，且製品容易受風砂或蒼蠅等污染

**表5.** 日曬法之香蕉乾燥條件

**Table 5.** Banana dehydration by sun drying method

| Drying time | | A | | | B | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| (day) | (hr) | weight (g) | change (%) | △loss (g) | weight (g) | change (%) | △loss (g) |
| 0 | 0 | 2,460 | 100 | 0 | 3,650 | 100 | 0 |
| 1 | 6 | 1,680 | 68.3 | 780 | 2,700 | 73.9 | 950 |
| 2 | 15 | 1,100 | 44.7 | 580 | 1,820 | 49.9 | 880 |
| 3 | 24 | 800 | 32.5 | 300 | 1,360 | 37.3 | 460 |
| 4 | 33 | 700 | 28.5 | 100 | 1,120 | 30.7 | 240 |
| 5 | 42 | 680 | 27.6 | 20 | 1,000 | 27.4 | 120 |
| 6 | 51 | — | — | — | 900 | 24.7 | 100 |
| 7 | 54 | — | — | — | 880 | 24.1 | 20 |

Banana av. wt. : A : 88g, B : 122g.

，有礙衛生。其次由於乾燥時間較長，表五A組每條香蕉果肉平均重88g ，約須乾燥五天；B組每條香蕉果肉平均重122g約須乾燥七天。其製品之顏色又較黑，無法與利用乾燥機製造者媲美。

（二）利用太陽能菸葉稻穀烘乾機之乾燥法：本設備之主要機件包括：(1)全自動燃燒機，能自動給油、點火及熄火。(2)自動調溫裝置，溫差±1.5°C 。(3)雙向送風系統，可任意變換送風方向，製香蕉乾時可免除翻拌操作節省人工。(4)間接加熱，以清潔之熱風進行乾燥，製品不含油煙味。(5)利用太陽能加熱節約能源並節省乾燥費用。

本菸葉乾燥機內部空間5.0m×3.6 m×1.8m，如以90cm×75cm×5cm 香蕉網架排列，上下層

間隔20cm，則可排放180個香蕉網架，每一網架排列10公斤香蕉果肉，相當一次可處理剝皮後之香蕉果肉1,800公斤。（以果肉占60%計，相當 3,000公斤熟成之香蕉，如換算爲香蕉青果大約爲3,500公斤）。

表6. 太陽能菸葉烘乾機製香蕉乾之油電費

**Table 6.** Cost of the banana dehydration by solar powered tobacco leave dryer

| | Test times | | | | | | | av. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | |
| Raw material wt. (kg) | 480 | 1,300 | 800 | 890 | 1,100 | 1,500 | 740 | 850 |
| Drying time (hr) | 27 | 38 | 32 | 36 | 41 | 36 | 35 | 35 |
| Total power (kw) | 87 | 88 | 76 | 83 | 92 | 85 | 84 | 85 |
| Cos of electricity (NT $) | 226 | 229 | 198 | 216 | 239 | 221 | 218 | 221 |
| Fuel oil (Gal) | 7 | 15 | 15 | 16 | 17 | 22 | 17 | 15.6 |
| Ftuel oil cost (NT $) | 378 | 810 | 810 | 864 | 918 | 1,188 | 918 | 841 |
| Total cost of drying(NT $) | 604 | 1,039 | 1,007 | 1,080 | 1,157 | 1,409 | 1,136 | 1,060 |
| Product wt (kg) | 72 | 195 | 123 | 133 | 162 | 221 | 111 | 145 |
| Cost of drying (NT$) | 8.4 | 5.3 | 8.2 | 8.1 | 7.1 | 6.4 | 10.2 | 7.7 |

表六爲利用太陽能菸葉稻穀烘乾機製造香蕉乾之油電費。本試驗於72年7～8月間於旗山進行，借用當地菸農所擁有之菸葉烘乾設備，由於菸葉係於冬季種植，翌年二～三月採收，故利用這段期間（7～8月），加工滯銷之香蕉十分恰當。綜合多次試驗結果由平均值顯示：一次處理 850公斤香蕉原料，以60°C乾燥大約需烘乾 35hr，其油電費爲1,060元，可製得香蕉乾成品145公斤（水分含量 25%左右，水分活性≦0.75），每公斤香蕉乾之油電費爲7.7元。

在品質方面由於其加熱採間接方式，以清潔之熱風進行乾燥，故製品沒有油煙味，且能保有原料之色澤與香氣，與利用電氣熱風乾燥者品質相同。

3.利用電氣熱風乾燥機之乾燥法：本試驗利用小型熱風乾燥機進行香蕉之乾燥，以估算製香蕉乾之電費。其內部尺寸爲1.0m×1.6m×1.2m，一次大約可處理300公斤香蕉原料，但在試驗室製造時僅少量處理故其每公斤香蕉乾之電費較高，其乾燥費用列於表七。

自表七可見當處理4.4公斤香蕉原料時，其每小時平均耗電量爲4.6度，當處理10.8公斤（增加6.4公斤）時，其每小時平均耗電量爲4.7度（增加0.1度），當處理24公斤時（增加 19.6公斤），其每小時平均耗電量爲4.9度（增加0.3度）。故假設每增加6.4公斤，每小時平均耗電量將增加0.1度，基於此當一次處理300公斤原料（增加295.6公斤），每小時將增加4.6度電，平均每小時將耗電9.2度，其烘乾時間若假設延長爲 40hr，總耗電量爲368度，如以每度電2.6元計，總電費爲956元。另估算可製得45公斤香蕉乾，故每公斤香蕉乾之電費估算爲21元。

現比較利用日曬、太陽能菸葉稻穀烘乾機、電氣熱風乾燥機三種乾燥法，由試驗結果顯示利用太陽能菸葉稻穀烘乾機製香蕉乾，不但具有日曬法吸收太陽能的優點，且其製品在色澤、香味、衛生方面的均與利用電氣熱風乾燥者相同，但其乾燥所須之油電費（平均每公斤香蕉乾爲 7.7元），却較電氣熱風乾燥機之電費（平均每公斤香蕉乾爲21元）節省60%以上，做爲滯銷香蕉乾之烘乾設備十分適當，實値得加以推廣利用。

表 7. 電氣乾燥機製香蕉乾之電費估算

**Table 7.** Estimation the cost of banana dehydration by electric dryer

| | Test times | | | Estimation |
|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | |
| Pulp. Wt. (kg) | 4.4 | 10.8 | 24 | 300 |
| Drying time (hr) | 20 | 28 | 32 | 40 |
| Total Electricity (kw) | 92 | 131 | 157 | 368 |
| Av. Electricity (kw/hr) | 4.6 | 4.7 | 4.9 | 9.2 |
| Total Cost (NT $) | 239 | 342 | 407 | 956 |
| Product (kg) | 1.39 | 3.12 | 69.3 | 45 |
| Av. Cost (NT $/kg) | 172 | 110 | 59 | 21 |

**四、香蕉乾褐變之抑制：**

香蕉乾製品，在貯藏期間其顏色會漸漸由黃變褐，雖然風味尚可接受，但由於外觀太黑，消費者認爲是腐敗而毫無購買慾，因而大幅地降低香蕉乾的商品價值。故抑制香蕉乾在貯藏期間的褐變，對香蕉乾的商品價值最爲重要[16]。

香蕉的褐變可分爲三類：(1)酵素性的褐變，(2)單寧類物質的非酵素性褐變，(3)梅納氏反應(Maillard reaction)[17,18]。其中因過氧化酵素(peroxidase)及多元酚氧化酵素(polyphenol oxidase)所引起的褐變，經適度的殺菁處理，可破壞其活性，在貯藏期間不致再繼續作用。第二類之非酵素性褐變，在加熱處理中仍會進行，但以隔絕氧氣的方法，在貯藏中可抑制這種反應之繼續發生。第三類反應可能是貯藏中褐變的最大原因，因爲這是一種氨基酸與糖類之結合反應，除非能阻止其接觸(或除掉其中一成分)很難加以抑制。此反應進行速度與溫度有關，溫度每昇高 10°C 約加速 3～7 倍，故以低溫貯藏較爲有利。

(一) 熱處理對過氧酵素活性之影響：通常在蔬果組織中含有的酵素，特別爲害品質的是氧化酵素及過氧化酵素。這二種酵素在80～85°C殺菁數分鐘，即可使之失去活性。但在實際作業上，應考慮殺菁物的大小與熱穿透度，以免較大體積之材料中心部殘存活性，導致殺菁不完全。由於過氧化酵素耐熱性極强，且廣泛存於植物組織，又其靈敏度極高，極易進行呈色反應。所以熱處理如果能使過氧化酵素活性消失，則其他酵素必定也已破壞，故可做植物體殺菁後殘存酵素的指標，本試驗即針對過氧化酵素活性之抑制，做抑制香蕉乾中其他酵素所引起褐變反應之標準。

表八爲在100°C 經不同加熱時間對香蕉中過氧化酵素活性的影響。由試驗結果顯示在100°C 加熱

表8. 殺菁時間對過氧化酵素活性之影響

**Table 8.** Effect of blanching time on peroxidase activity

| Blanching time (100°C) (Sec) | 0 | 10 | 20 | 40 | 60 | 90 | 120 | 150 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Activity | +++ | +++ | +++ | ++ | ++ | ++ | + | — |

150秒，過氧化酵素的活性已完全喪失，但因考慮到香蕉之形狀、大小及酵素之含量，殺菁時間宜適度的延長或縮短，製品在貯藏期間則不致發生酵素性的褐變。

表9. PH 值對過氧化酵素活性之影響

**Table 9**. Effect of pH on peroxidase activity

| pH | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 5.0 | 5.5 | 6.5 | 7.5 | 8 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Activity | — | + | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |

(二) pH 值對過氧化酵素活性的影響：本試驗在探討過氧化酵素在不同 pH 條件下之活性，其結果如表九所示在 pH4.0～8.5之範圍內該酵素活性很强，在 pH3.0時活性較弱，而在 pH2 0時其活性完全被抑制，故添加有機酸以降低香蕉之pH 值，對抑制香蕉乾之褐變反應也有些助益。

(三) 食品添加物對過氧化酵素活性的影響：本試驗選用一些常用於抑制褐變反應之食品添加物，探討這些食品添加物對過氧化酵素活性之影響，其結果示於表十。其中亞硫酸鈉、抗壞血酸、檸檬酸在試驗濃度分別為1.5%，2.0%， 2.5%時有顯著的抑制效果，但這些藥劑其試驗濃度即使增加到3.0%也無法完全抑制過氧化酵素的活性。EDTA 及重合磷酸鈉在本試驗中對過氧化酵素活性，則顯示沒有抑制效果。

表10. 添加物對過氧化酵素活性之影響

**Table 10**. Effect of additives on peroxidase activity

| Additives | Test concentration (%) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0 | 0.5 | 1.0 | 1.5 | 2.0 | 2.5 | 3.0 |
| Ascorbic acid | +++ | +++ | +++ | ++ | + | + | ± |
| Citric acid | +++ | +++ | +++ | ++ | + + | + | + |
| EDTA | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Sodium polyphosphate | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ | +++ |
| Sodium bisulfite | +++ | +++ | ++ | + | + | + | + |

**五、香蕉乾之製造與貯藏試驗：**

本試驗曾比較浸3.0%抗壞血酸、3.0%檸檬酸及 0.5%亞硫酸鈉及殺菁處理，對抑制香蕉乾褐變之效果。貯藏結果顯示：在室溫貯藏一～二個月抗壞血酸、檸檬酸及亞硫酸鈉均能有效抑制褐變，其中又以經亞硫酸鈉處理之製品顏色最佳，為金黃色。但經三個月貯藏後，有輕度褐變發生，此時以經過殺菁處理者顏色較佳，為淡黃色。另在其他試驗中顯示氧氣的去除，有助於抑制褐變反應。在 5°C 低溫貯藏者，又較在室溫貯藏者，製品之顏色佳，顯示低溫有降低褐變反應速率的功效。

為此本試驗重新修訂香蕉乾之製造流程如下：

香蕉熟成剝皮後—→浸0.5%亞硫酸鈉 30分鐘—→置乾燥機中稍加乾燥—→以沸騰之糖水 (40° Bx) 殺菁數分鐘—→乾燥—→半成品（眞空包裝或加脫氧劑）—→成品（低溫或室溫貯藏）。

表十一為不同貯藏溫度及包裝方法對香蕉乾貯藏性之比較。其中A組（對照組）在室溫貯藏不加

表11. 不同貯藏溫度包裝方法對香蕉乾貯藏性之比較

**Table 11.** Comparison of the storage life of dehydrated banana by different storing temperature and packing method

| Storing temp | Room temp | | | | 5°C | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Packing | Without Vac. | | With Vac. | | Without Vac. | | With Vac. | |
| Oxygen-Absorber / Storage time (day) | Without (A) | With (B) | Without (C) | With (D) | Without (E) | With (F) | Without (G) | With (H) |
| 0 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 30 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 60 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 90 | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 120 | △ | ○ | △ | ○ | △ | ○ | ○ | ○ |
| 180 | × | △ | × | △ | △ | ○ | △ | ○ |
| 360 | × | × | × | × | △ | ○ | △ | ○ |

○ : Normal color and flavor
△ : Color and flauor still acceptable
× : Unacceptable

脫氧劑及不抽去空氣者，經三個月顏色僅稍微變褐，而B 組添加脫氧劑者顏色仍能保持原來之金黃色，C 組以眞空包裝者顏色較 B組差但較 A組佳，D 組顏色則與B組相同。另外在冷藏試驗組方面，香蕉乾之顏色均較其室溫相同處理者佳。本試驗顯示香蕉乾經殺菁後並添加脫氧劑者，在室溫可貯放半年，而在低溫貯藏者 (5°C) 可貯放一年以上，製品仍能保持金黃色，且風味絕佳。

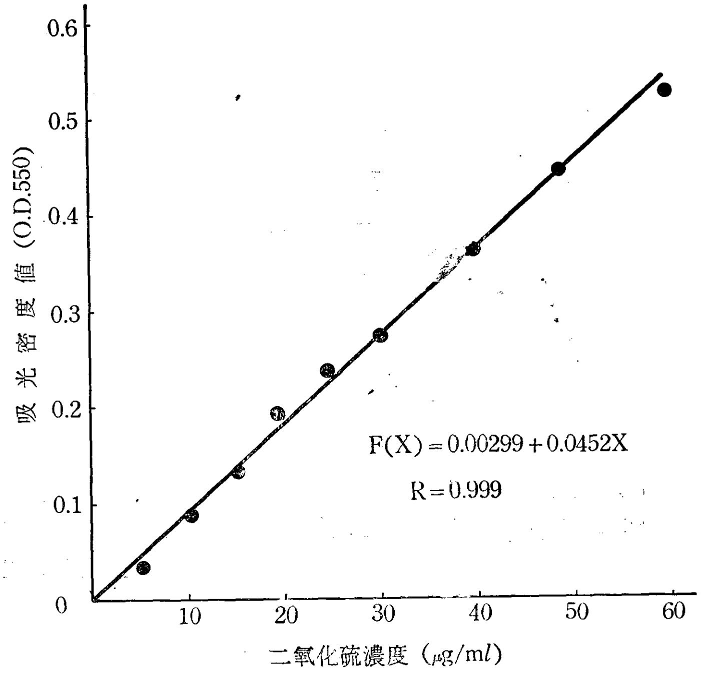


圖2. 二氧化硫之檢量線

**Fgi 2.** Standard curve of Sulfur dioxide

**六、香蕉乾中$SO_2$之含量：**

本試驗在香蕉乾之製造過程中，爲防止香蕉剝皮後的褐變曾以亞硫酸鈉浸漬，亞硫酸鈉通常是被公認安全的 (Generally Recognized As Safe簡稱GRAS)，因考慮香蕉乾製品中二氧化硫之含量是否超過安全限量而危害人體健康 [19]，故對製品中二氧化硫的含量進行分析試驗。二氧化硫之標準檢量線如圖二所示。本試驗香蕉乾中二氧化硫之含量經測定結果<150ppm，較安全限量500ppm低很多，故採用本試驗方法所製得之香蕉乾，合乎衛生標準，不會危害人體健康。

## 參考文獻


1. 陳敏祥，1981。香蕉之栽培管理與育種。臺灣農村17(1)：13
2. 張德粹，1977。香蕉生產成本與收益之分析。果農合作 358： 1 。
3. 陳鎮亞，1975。建立青果內銷制度以配合外銷業務之發展。果農合作336： 8 。
4. 王豐洲、戴志成，1982。利用丟棄的香蕉加工成飼料。食品工業14（ 8 ）：31。
5. 劉淦芝，1974。香蕉通論第六章香蕉的採收集運與催熟，P.24。臺灣香蕉研究所叢書。
6. 柯立祥，1979。臺灣香蕉催熟方法之研究。中國園藝25(4)：129。
7. 王家仁，1983。蜜餞加工原理。食品工業15(9)：17。
8. 方祖達、高秋芳，1976。原料品管與加工處理改進冷凍青花菜抱子甘藍及青豌豆莢品質之研究。科學發展 4 (2)：5 。
9. 邱健人，1978。食品生物化學第三章食品的褐變反應P.79～122。復文書局。
10. 張爲憲，1978。高等食品化學第五章酵素P.105。九大圖書公司。
11. 李錦楓，1980。香蕉乾製造與加工。臺灣農家要覽P .2337。豐年社。
12. A. O. A. C, 1980. Methods of Analysis 13th ed. p. 340.
13. 朱慶國，1979。經濟果樹（下）香蕉採收P.188。豐年社。
14. 邱健人，1978。食品生物化學第二章食品中生物化學的變化：植物，P.35。復文書局。
15. Karel, Marcus, 1980. Water activity and food preservation. In Principle of food science part II. Physical principles of food preservation. (ed. Marcus Karel, Owen. R. Fennema, Daryl, B. Lund. ) p. 237. 九大圖書公司。
16. 游若篍，1984。新式香蕉乾。農業周刊10(39)：6
17. 彭耀寰、呂進春，1979。香蕉果醬製造技術之研究——本省香蕉加工可行方向之檢討。科學發展 7 (1)：82。
18. 吳碧鏗，1974。香蕉加工。食品工業 6 (8)：21。
19. 衛生署，1982。食品添加物使用範圍及用量標準。行政院衛生署。

# Study on the Dehydration Technique of Banana Preserves [1]

Roch-Chui Yu[2]

## Summary

Banana processing products included banana chips, banana puree, banana jams and banana preserves are available. Banana preserves are considered the most easily processed and the technique could be extended to farmers for small-scale production at home. In order to obtain top grade banana preserves, raw banana must possess fragrant flavor, delicious taste and devoid of astringency after ripening. The sugar content of the fruit should be about 25° Brix.

During ripening, the weight loss of banana was around 14%. It took nearly 24hours at 60°C to dry out and the water content of the preserves was reduced to 25%, the correspondant water activity was 0.75. The yield of the product as compared with the unprocessed raw material was close to 15%.

If solar powered Tobacco Leave and Rice Grain Dryer was used for banana dehydration, the drying cost would be 7.7 NT dollars per kilogram of banana preserves, which was 60% saving in terms of energy consumption provided electric dryer was used instead. The browning of the banana preserves could be prevented by blanching the product at 100°C for three minutes and packaging with oxygen-absorber. As the results showed that after six months of storage at room temperature, banana preserves was still able to maintain their delicious taste and appealing color. The color might be kept for one year without turning brown in case the preserves were stored in cold at 5°C.

Key words: Banana preserves, Solar powered dryer, browning, inhibition.

1. Contribution No. 1215 from Taiwan Agricultural Research Institute.
2. Assistant agricultural chemist, Dept. of Management and Utilization, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Station, TARI . Fengshan, Kaohsiung, Taiwan, R. O. C.